

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H01M 8/04, 8/24</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/44844</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>= DE 1962050/C1</b> 27. November 1997 (27.11.97)
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/EP97/02474		(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum:	15. Mai 1997 (15.05.97)		
(30) Prioritätsdaten:	19620501.8	22. Mai 1996 (22.05.96)	DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):	MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE/DE]; D-88040 Friedrichshafen (DE).		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):	HOFFMANN, Joachim [DE/DE]; Moorkulturstrasse 16, D-85467 Oberneuchingermoos (DE).		
(74) Anwalt:	WINTER, Josef; MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH, Patentabteilung ZJXP, D-88040 Friedrichshafen (DE).		

(54) Title: PROCESS FOR OPERATING A FUEL CELL ARRANGEMENT

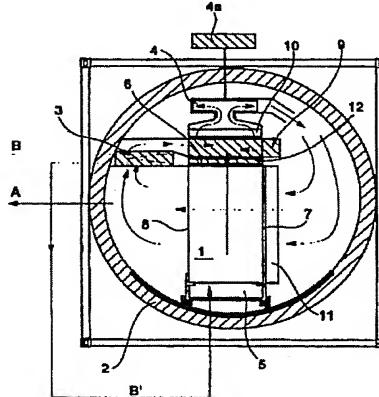
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNSTOFFZELLENANORDNUNG

(57) Abstract

The description relates to a process for operating a fuel cell arrangement (1) consisting of a number of fuel cells, in which fuel gas is supplied to the anodes of the fuel cells at an anode inlet (5), anode exhaust gas is removed from the anodes at an anode outlet (6), cathode gas is supplied to the cathodes of the fuel cells at a cathode inlet (7) and the cathode exhaust gas is removed from the cathodes at a cathode outlet (8). According to the invention, the oxygen concentration is measured at least at one point in the flow path of the cathode gas and/or the anode gas by means of a  $\lambda$  sensor and the flows of anode and/or cathode gas are adjusted depending on the result of the oxygen concentration measurement. The process is especially advantageous in controlling the gas composition in the operation of a fuel cell arrangement in which part of the cathode exhaust gas is returned from the cathode outlet (8) to the cathode inlet (7) and at least a part of the anode exhaust gas from the anode outlet (6) is mixed with the returned cathode gas.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer aus einer Anzahl von Brennstoffzellen gebildeten Brennstoffzellenanordnung (1) beschrieben, bei dem an einem Anodeneingang (5) Brenngas zu den Anoden der Brennstoffzellen zugeführt, an einem Anodenaustritt (6) Anodenabgas von den Anoden abgeführt, an einem Kathodeneingang (7) Kathodengas zu den Kathoden der Brennstoffzellen zugeführt und an einem Kathodenaustritt (8) das Kathodenabgas von den Kathoden abgeführt wird. Gemäß der Erfindung wird zumindest an einem Punkt des Stromweges von Kathodengas und/oder Anodengas die Sauerstoffkonzentration mittels einer  $\lambda$ -Sonde gemessen und es werden die Ströme von Anodengas und/oder Kathodengas in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkonzentration eingestellt. Besonders vorteilhaft ist das Verfahren zur Regelung der Gaszusammensetzung beim Betreiben einer Brennstoffzellenanordnung, bei der ein Teil des Kathodenabgases vom Kathodenaustritt (8) zum Kathodeneingang (7) zurückgeführt und zumindest ein Teil des Anodenabgases vom Anodenaustritt (6) dem rückgeführten Kathodengas beigemischt wird.



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 196 20 501 C 1

⑮ Int. Cl. 6:  
H 01 M 8/04

DE 196 20 501 C 1

⑯ Aktenzeichen: 196 20 501.8-45  
⑯ Anmeldetag: 22. 5. 96  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 19. 6. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen  
GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

⑯ Erfinder:

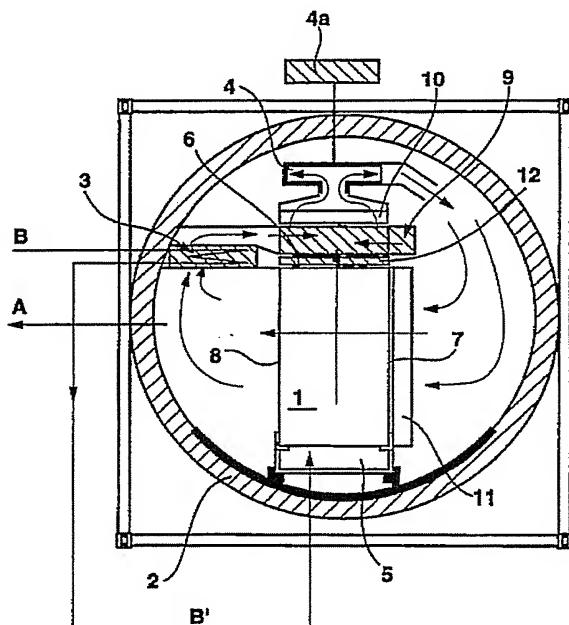
Hoffmann, Joachim, Dr., 85467 Neuching, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

JP 03-1 01 081 A2  
Patent Abstracts of Japan, Bd. 15/Nr. 288, v. 22.07.91,  
E-1092;

⑯ Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenanordnung

⑯ Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer aus einer Anzahl von Brennstoffzellen gebildeten Brennstoffzellenanordnung (1) beschrieben, bei dem an einem Anodeneingang (5) Brenngas zu den Anoden der Brennstoffzellen zugeführt, an einem Anodenabgang (6) Anodenabgas von den Anoden abgeführt, an einem Kathodeneingang (7) Kathodengas zu den Kathoden der Brennstoffzellen zugeführt und an einem Kathodenabgang (8) das Kathodenabgas von den Kathoden abgeführt wird. Gemäß der Erfindung wird zumindest an einem Punkt des Strömungsweges von Kathodengas und/oder Anodengas die Sauerstoffkonzentration mittels einer λ-Sonde gemessen und es werden die Ströme von Anoden- gas und/oder Kathodengas in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkonzentration eingestellt. Besonders vorteilhaft ist das Verfahren zur Regelung der Gaszusammensetzung beim Betreiben einer Brennstoffzellenanordnung, bei der ein Teil des Kathodenabgases vom Kathoden- ausgang (8) zum Kathodeneingang (7) zurückgeführt und zumindest ein Teil des Anodenabgases von Anodenabgang (6) dem rückgeführten Kathodengas beigemischt wird.



DE 196 20 501 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer aus einer Anzahl von Brennstoffzellen gebildeten Brennstoffzellenanordnung, bei dem an einem Anoden-eingang Brenngas zu den Anoden der Brennstoffzellen zugeführt, an einem Anodenausgang Anodenabgas von den Anoden abgeführt, an einem Kathodeneingang Kathodengas zu den Kathoden der Brennstoffzellen zugeführt und an einem Kathodenausgang Kathodenabgas von den Kathoden abgeführt wird. Insbesondere betrifft die Erfindung ein derartiges Verfahren, bei dem zumindest ein Teil des Kathodenabgases vom Kathodenausgang zum Kathodeneingang zurückgeführt und zumindest ein Teil des Anodenabgases vom Anodenausgang dem rückgeführten Kathodengas beigemischt wird.

Beim Betrieb von Brennstoffzellen ist es von Bedeutung, daß das Anodengas (Brenngas) und das Kathoden-gas (Oxidans) möglichst in einem stöchiometrischen Verhältnis vorliegen, da andernfalls die Brennstoffzellen nicht mit maximalem Wirkungsgrad betrieben werden können und eine ungünstige Abgaszusammensetzung die Folge ist.

In der jüngeren Zeit werden Verfahren der oben ge-nannten Art zur Anwendung gebracht, bei denen zu-mindest ein Teil des Kathodenabgases vom Kathoden-ausgang zum Kathodeneingang zurückgeführt und zu-mindest ein Teil des Anodenabgases vom Anodenaus-gang dem rückgeführten Kathodengas beigemischt wird. Ein derartiges Verfahren findet insbesondere An-wendung bei einer Brennstoffzellenanordnung, die von einem gasdichten Gehäuse umgeben ist, wobei das Ka-thodenabgas vom Kathodenausgang in das Innere des gasdichten Gehäuses abgegeben und zur Rückführung zum Kathodeneingang im Inneren des gasdichten Ge-häuses in Zirkulation versetzt wird, wobei ein Teil des Anodenabgases vom Anodenausgang dem im Inneren des gasdichten Gehäuses zirkulierenden Kathodengas beigemischt wird. Eine solche Brennstoffzellenanord-nung ist als Hot Module bekannt.

Bei Schmelzkarbonatbrennstoffzellen, auf welche die vorliegende Erfindung vorzugsweise anwendbar ist, wird den Anoden der Brennstoffzellenanordnung als Anodengas ein Brenngas in Form einer Mischung aus beispielsweise H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO u. a. zugeführt, wobei das im Brenngas enthaltene H<sub>2</sub> unter Entstehung von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O elektrochemisch umgesetzt und verbraucht wird. Auch unter optimalen Betriebsbedingun-gen wird der Brennstoff jedoch nur zu einem Teil umge-setzt, nämlich zu etwa 60—80% bezogen auf den Brenn-gas-Anteil. Der restliche Teil des Brenngases gelangt beim Hot Module am Anodenausgang direkt in den Kathodengasstrom. Damit eine kontrollierte Verbren-nung des restlichen Brenngases mit dem Sauerstoff des Kathodengases gewährleistet ist, ist dicht hinter dem Anodenausgang eine katalytische Verbrennungsein-richtung vorgesehen, welche die Aufgabe hat, reak-tions-fähige Mischungen von Brenngas und Kathodengas ka-talytisch zu verbrennen. Hierfür ist eine ausreichende Konzentration an Sauerstoff erforderlich. Ohne die kontrollierte katalytische Verbrennung der restlichen Brenngasanteile könnte beim Entstehen eines zündfahigen Gemischs eine Verpuffung innerhalb des Hot Mo-dules stattfinden und dieses zerstören.

Ein weiteres Problem bei einer Brennstoffzellenan-ordnung, die nach dem oben genannten Prinzip eines Hot Modules aufgebaut ist, besteht darin, daß bei einer zu geringen Sauerstoffkonzentration in der katalyti-

schen Verbrennungseinrichtung die unvollständig abge-baute reduktive Gasatmosphäre auf die Kathodenseite der Brennstoffzellen gelangt und dort die kathodenseiti-gen Komponenten zerstört. Ähnlich werden die anodenseitigen Komponenten durch Oxidation zerstört, wenn eine oxidierende Atmosphäre in den Anodenraum der Brennstoffzellen gelangt.

Bisher erfolgt die korrekte Einstellung der Anoden-gas- und Kathodengasströme sowie des Mischungsver-hältnisses von Kathodenabgas und Anodenabgas auf manuelle Weise auf der Grundlage von Meßwerten, die durch gaschromatographische Auswertung von der Brennstoffzellenanordnung beim Betrieb an verschiede-nen Stellen entnommenen Gasproben gewonnen wur-den. Dabei ist nachteilig, daß aufgrund der nur in größe-rem zeitlichen Abständen erfolgenden Probeentnahme eine kontinuierliche Überwachung nicht möglich ist, so daß sich allenfalls schleichende Veränderungen aufdecken lassen, eine Reaktion auf spontane Störungen je-doch nicht möglich ist.

Aus dem japanischen Patent-Abstract JP 03-101061 ist es für Phosphorsäurebrennstoffzellen bekannt die Sauerstoffkonzentration im Abgas oder die Wasser-stoffkonzentration und die Kohlendioxidkonzentration in der Abluft der Brennstoffzellen zu erfassen, um das Entstehen von Restmengen an Phosphorsäure frühzeitig zu erfassen. Weiterhin ist aus dem Automobilbereich die Verwendung von λ-Sonden bekannt, um zum Zwecke katalytischer Abgasreinigung eine Gemischaufberei-tung nahe dem stöchiometrischen Kraftstoff/Luft-Ver-hältnis zu erreichen.

Zur ständigen Überwachung und Regelung der Gas-ströme einer Hot-Module-Brennstoffzellenanordnung ist es derzeit erforderlich für jede Gaskomponente ei-nen Meßwertgeber und einen Massendurchflußregler vorzusehen und eine Regelung auf der Grundlage aller erhaltenen Meßwerte vorzunehmen. Dies führt zu ei-nem äußerst aufwendigen und schwer zu beherrschenden Regelungssystem.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenan-ordnung der oben angegebenen Art zu schaffen, bei dem die Regelung der in der Brennstoffzellenanordnung umgesetzten Gasströme zuverlässig und mit geringem Aufwand möglich ist.

Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfin-dung dadurch gelöst, daß zumindest an einem Punkt des Strömungsweges von Kathodengas und/oder Anoden-gas die Sauerstoffkonzentration mittels einer λ-Sonde 50 gemessen und die Ströme von Anodengas und/oder Ka-thodengas und/oder das Mischungsverhältnis von Ka-thodenabgas und Anodenabgas in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkonzentration einge-stellt werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist es vor-gesehen, daß die Sauerstoffkonzentration am Kathodeneingang und/oder am Kathodenausgang gemessen und in Abhängigkeit vom Meßwert für die Sauerstoff-konzentration die Zufuhr von frischem Kathodengas in 60 den zwischen Kathodenausgang und Kathodeneingang zirkulierenden Kathodengasstrom eingestellt wird.

Gemäß einer anderen Weiterbildung ist es vorgese-hen, daß die Sauerstoffkonzentration am Kathodenein-gang und/oder am Kathodenausgang gemessen und in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkon-zentration das Rückführungsverhältnis des Kathoden-gases vom Kathodenausgang zum Kathodeneingang eingestellt wird.

Gemäß einer anderen Weiterbildung ist es vorgesehen, daß die Sauerstoffkonzentration des Anodenabgases gemessen wird, nachdem dessen reduktive Bestandteile durch katalytische Verbrennung mit dem Sauerstoff von zugeführter Luft verbrannt worden sind, und daß in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkonzentration die Menge des dem Anodeneingang zugeführten Brenngases und/oder der zugeführten Luft im Sinne einer Optimierung der katalytischen Verbrennung eingestellt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Messung der Sauerstoffkonzentration mittels einer  $\lambda$ -Meßsonde mit einer Sprungcharakteristik erfolgt, die für einen Bereich geringer Sauerstoffkonzentration ein erstes Signal mit einer geringen konzentrationsabhängigen Signaländerung und für einen Bereich hoher Sauerstoffkonzentration ein zweites, vom ersten Signal verschiedenes Signal mit einer gerin- gen konzentrationsabhängigen Signaländerung, sowie dazwischen ein sich sprungartig änderndes Signal abgibt, und daß die Einstellung der Anodengas- und/oder Kathodengasströme und/oder die Zuführung von Frischluft zur katalytischen Verbrennung im Sinne eines Erlangens hoher Sauerstoffkonzentration erfolgt.

Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel ist es vorgesehen, daß die Messung der Sauerstoffkonzentration mit einer  $\lambda$ -Meßsonde mit einer näherungsweise linearen Änderung in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration erfolgt, und daß die Einstellung der Anodengas- und/oder Kathodengasströme und/oder die Zuführung von Frischluft zur katalytischen Verbrennung so erfolgt, daß sich eine Sauerstoffkonzentration in einem vorgegebenen Bereich einstellt.

Gemäß einer Weiterbildung hieron ist es vorgesehen, daß die Messung der Sauerstoffkonzentration im Kathodengasstrom erfolgt und die Gasströme so eingestellt werden, daß eine vorgegebene Mindestkonzentration an Sauerstoff im Kathodengassstrom nicht unterschritten wird.

Gemäß einer anderen Weiterbildung ist es vorgesehen, daß die Sauerstoffkonzentration so eingestellt wird, daß für Kathodengas und Anodengas ein  $\lambda$ -Verhältnis von 1,4 bis 2,2, vorzugsweise von etwa 1,8 besteht.

Von besonderem Vorteil ist es, das erfundungsgemäße Verfahren bei einer von einem gasdichten Gehäuse umgebenen Brennstoffzellenanordnung zu verwenden, bei der das Kathodenabgas vom Kathodenaustritt in das Innere des gasdichten Gehäuses abgegeben und zur Rückführung zum Kathodeneingang im Inneren des gasdichten Gehäuses in Zirkulation versetzt wird, wobei ein Teil des Anodenabgases vom Austritt dem im Inneren des gasdichten Gehäuses zirkulierenden Kathodengas beigemischt wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Brennstoffzellenanordnung, die in einem gasdichten Gehäuse untergebracht ist, bei der Ausführungsbeispiele des erfundungsgemäßen Verfahrens verwirklicht werden;

Fig. 2 ein Diagramm, welches das Ausgangssignal einer ersten Art von der vorliegenden Erfindung verwendeten  $\lambda$ -Sonde in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration zeigt; und

Fig. 3 ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Ausgangssignals einer zweiten Art von der bei der vorliegenden Erfindung verwendeten  $\lambda$ -Sonde von der Sauerstoffkonzentration in dem zu messenden Gas zeigt.

Fig. 1 zeigt eine Brennstoffzellenanordnung 1, die in einem gasdichten Gehäuse 2 nach Art eines Hot Modules angeordnet ist. Die aus einer Anzahl von in einem Stapel konfigurierten Brennstoffzellen gebildete Brennstoffzellenanordnung 1 wird von einem Anodeneingang 5 zu einem Anodenausgang 6 hin von einem Anodengas in Form eines Brenngases durchströmt, wobei das Anodengas über eine Brenngasleitung B in das Innere des gasdichten Gehäuses 2 geführt wird. Im Inneren des gasdichten Gehäuses 2 kann ein Wärmetauscher 3 vorgesehen sein, durch den hindurch das Brenngas und von dort über eine Brenngasleitung B' zum Anodeneingang 5 geführt wird. Der Wärmetauscher 3 ist ein Gas/Gas-Wärmetauscher, der einerseits vom Brenngas und andererseits von einer Strömung des innerhalb des gasdichten Gehäuses 2 zirkulierenden Kathodengas durchströmt wird, wobei Wärme vom Kathodengas an das Brenngas übertragen wird. Das Kathodengas tritt an einem Kathodeneingang 7 in die Brennstoffzellenanordnung 1 ein und verläßt diese an einem Kathodenaustritt 8. Wie aus der Figur ersichtlich ist, sind die Strömungsrichtungen von Kathodengas und Anodengas in der Brennstoffzellenanordnung senkrecht zueinander. Die Strömung des Kathodengases vom Kathodenaustritt 8 zum Kathodeneingang 7 wird mittels eines Gebläses 4 aufrechterhalten, das innerhalb des gasdichten Gehäuses 2 angeordnet ist und von einem außerhalb des gasdichten Gehäuses 2 befindlichen Gebläseantrieb 4a angetrieben wird. Der Strömung des Kathodengases wird in einem Anodengasmischer 9 das den Austritt 6 verlassende Anodenabgas zugemischt, von wo aus es in das Gebläse 4 eintritt. Zwischen den Anodengasmischer 9 und dem Gebläse 4 ist eine katalytische Verbrennungseinrichtung 10 geschaltet, welche in dem Anodenabgas enthaltene brennbare Restbestandteile auf katalytische Art verbrennt. In Strömungsrichtung vor dem Kathodeneingang 7 kann ein Diffusor 11 angeordnet sein, durch welchen die Strömung des Kathodengases vergleichmäßig wird. Die Zufuhr von Frischluft für den Betrieb der Brennstoffzellenanordnung erfolgt über den Anodengasmischer 9, Abgas wird aus dem Inneren des gasdichten Gehäuses 2 über eine Abgasleitung A abgegeben. Durch den Anodengasmischer 9 wird das mit dem Anodenabgas gemischte Kathodenabgas zum Kathodeneingang 7 zurückgeführt.

Gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es vorgesehen eine  $\lambda$ -Sonde zur Messung der Sauerstoffkonzentration vorzusehen, welche sich in dem zwischen dem Kathodenaustritt 8 und dem Kathodeneingang 7 zirkulierenden Kathodengasstrom befindet und im Bereich des Kathodenaustritts 8 angeordnet ist. Mittels dieser  $\lambda$ -Sonde wird die Sauerstoffkonzentration in der Strömung des Kathodengases bestimmt und dazu verwendet die Strömungen von Anodengas und/oder Kathodengas so zu steuern, daß eine vorgegebene Mindestkonzentration des Sauerstoffs nicht unterschritten wird.

Dabei wird das Verhältnis

$\lambda$  = tatsächliches Kathodengas-Anodengas-Verhältnis/stöchiometrisches Kathodengas-Anodengas-Verhältnis

so eingestellt, daß sich für  $\lambda$  ein Wert von 1,4 bis 2,2, vorzugsweise von etwa 1,8 ergibt.

Die Erfassung der Sauerstoffkonzentration im Kathodengasstrom erfolgt vorzugsweise mittels einer  $\lambda$ -Sonde mit einer Charakteristik, wie sie im Diagramm der Fig. 1 dargestellt ist. Dort ist das von der  $\lambda$ -Sonde abge-

gebene Signal in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration dargestellt. Wie ersichtlich ist, ändert sich das Signal näherungsweise linear in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration, so daß es möglich ist Änderungen der Sauerstoffkonzentration über einen weiten Bereich gut zu folgen und in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der  $\lambda$ -Sonde die Gasströme zu regeln.

Gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel erfolgt die Messung der Sauerstoffkonzentration mittels einer  $\lambda$ -Sonde die im Strom des Anodenabgases hinter der katalytischen Verbrennungseinrichtung 10 angeordnet ist, wo die reduktiven Bestandteile des Anodenabgases mit dem Sauerstoff der zugeführten Luft oxidiert werden. In Abhängigkeit von der gemessenen Sauerstoffkonzentration werden die Ströme des Anodengas bildenden Brenngases und/oder der zugeführten Luft so geändert, daß das Entstehen einer reduktiven Gasatmosphäre verhindert wird, die durch Sauerstoffmangel in der katalytischen Verbrennungseinrichtung entstehen würde. Eine solche reduktive Gasatmosphäre würde zur Zerstörung der Komponenten im Kathodenraum der Brennstoffzellen führen, wenn sie dorthin gelangt.

Zur Erfassung der Sauerstoffkonzentration ist eine  $\lambda$ -Sonde mit einer Charakteristik besonders geeignet, wie sie im Diagramm der Fig. 2 dargestellt ist. Wie ersichtlich ist, gibt die  $\lambda$ -Sonde für einen Bereich geringer Sauerstoffkonzentration ein erstes, niedriges, Signal mit einer geringen konzentrationsabhängigen Signaländerung und für einen Bereich hoher Sauerstoffkonzentration ein zweites, hohes, vom ersten Signal verschiedenes Signal mit einer ebenfalls geringen konzentrationsabhängigen Signaländerung ab. Im Übergangsbereich zwischen diesen beiden Konzentrationsbereichen gibt die  $\lambda$ -Sonde ein sich sprungartig änderndes Signal ab. Grob gesprochen gibt die  $\lambda$ -Sonde somit zwei Ausgangssignale ab, nämlich ein niedriges Ausgangssignal bei Sauerstoffmangel und ein hohes Ausgangssignal bei Sauerstoffüberschuß. Die Regelung der Gasströme erfolgt auf einfache Weise nach Art einer Zwei-Punkt-Regelung, indem beim Unterschreiten einer vorgegebenen Sauerstoffkonzentration, die mit dem Sprungwert der  $\lambda$ -Sonde übereinstimmt, ein Ausgangssignal abgegeben wird, durch das der Brenngaszustrom vermindert und/oder der Luftzustrom erhöht wird, so daß der Sauerstoffmangel behoben wird.

Gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel ist es vorgesehen die Brennstoffzellenanordnung bei Auftreten von Störungen gegen Beschädigung oder Zerstörung zu schützen. Wenn im Falle einer Störung die Zuführung der Betriebsgase, also des Anodengases und des Kathodengases abgeschaltet wird, verbleiben in den Brennstoffzellen die zuletzt zugeführten Gase. Durch Diffusionsprozesse kommt es zu einem Ausgleich der Konzentrationen in der Weise, daß Anodengas in den Kathodenraum wandert und Kathodengas in den Anodenraum wandert. Solange diese Gase aufgrund von Selbstentzündung noch miteinander reagieren, ist dieser Zustand nicht kritisch. Erst wenn bei Unterschreiten der Selbstentzündungstemperatur von etwa 550°C die Reaktion aufhört oder einer der beteiligten Reaktionspartner verbraucht ist, kann der verbleibende Reaktionspartner Schäden im Raum der jeweiligen Elektrode anrichten. Gelangt O<sub>2</sub> an die Anodenkomponenten, so führt dies unweigerlich zur Oxidation der Komponenten, während eine Anwesenheit von H<sub>2</sub> im Kathodenraum zur Reduktion der Kathodenkomponenten führt. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Gaszusammensetzung mittels einer  $\lambda$ -Sonde gemessen

und in Abhängigkeit vom Meßwert gezielt die Unterschußkomponente, also H<sub>2</sub> oder Luft bzw. O<sub>2</sub> zugeführt, um die Zusammensetzung in der Nähe des stöchiometrischen Verhältnisses zu halten, wo die oxidierenden und reduzierenden Bestandteile gleichmäßig abgebaut werden.

Für eine derartige Regelung ist wiederum eine  $\lambda$ -Sonde mit einer Sprungcharakteristik, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, geeignet. Die Regelung erfolgt in der Weise, daß die Konzentration der Gase nahe der Sprungkonzentration gehalten wird, bei der das Ausgangssignal der  $\lambda$ -Sonde zwischen dem hohen und dem niedrigen Ausgangssignal wechselt und das dem stöchiometrischen Verhältnis entspricht.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer aus einer Anzahl von Brennstoffzellen gebildeten Brennstoffzellenanordnung (1), bei dem an einem Anodeneingang (5) Brenngas zu den Anoden der Brennstoffzellen zugeführt, an einem Anodenaußgang (6) Anodenabgas von den Anoden abgeführt, an einem Kathodeneingang (7) Kathodengas zu den Kathoden der Brennstoffzellen zugeführt und an einem Kathodenaußgang (8) das Kathodenabgas von den Kathoden abgeführt wird, wobei insbesondere zumindest ein Teil des Kathodenabgases vom Kathodenaußgang (8) zum Kathodeneingang (7) zurückgeführt und zumindest ein Teil des Anodenabgases vom Anodenaußgang (6) dem rückgeführten Kathodenabgas beigemischt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest an einem Punkt des Strömungsweges von Kathodengas und/oder Anodengas die Sauerstoffkonzentration mittels einer  $\lambda$ -Sonde gemessen und die Ströme von Anodengas und/oder Kathodengas und/oder das Mischungsverhältnis von Kathodenabgas und Anodenabgas in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkonzentration eingestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentration am Kathodeneingang (7) und/oder am Kathodenaußgang (8) gemessen und in Abhängigkeit vom Meßwert für die Sauerstoffkonzentration die Zufuhr von frischem Kathodengas in den zwischen Kathodenaußgang (8) und Kathodeneingang (7) zirkulierenden Kathodenstrom eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentration am Kathodeneingang (7) und/oder am Kathodenaußgang (8) gemessen und in Abhängigkeit von dem Meßwert für die Sauerstoffkonzentration das Rückführungsverhältnis des Kathodenabgases vom Kathodenaußgang (8) zum Kathodeneingang (7) eingestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentration des Anodenabgases gemessen wird, nachdem dessen reduktive Bestandteile durch katalytische Verbrennung mit dem Sauerstoff von zugeführter Luft verbrannt worden sind, und daß in Abhängigkeit vom Meßwert für die Sauerstoffkonzentration die Menge des dem Anodeneingang (5) zugeführten Brenngases und/oder der zugeführten Luft im Sinne einer Optimierung der katalytischen Verbrennung eingestellt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Sauerstoffkonzentration mittels einer  $\lambda$ -Meßsonde mit einer Sprungcharakteristik erfolgt, die für einen Bereich geringer Sauerstoffkonzentration ein erstes Signal mit einer geringen konzentrationsabhängigen Signaländerung und für einen Bereich hoher Sauerstoffkonzentration ein zweites, vom ersten Signal verschiedenes Signal mit einer geringen konzentrationsabhängigen Signaländerung, sowie dazwischen ein sich sprungartig änderndes Signal abgibt, und daß die Einstellung der Anodengas- und/oder Kathodengasströme und/oder die Zuführung von Frischluft zur katalytischen Verbrennung im Sinne eines Erlangens hoher Sauerstoffkonzentration durchgeführt wird.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Sauerstoffkonzentration mit einer  $\lambda$ -Meßsonde mit einer näherungsweise linearen Signaländerung in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration erfolgt, und daß die Einstellung der Anodengas- und/oder Kathodengasströme und/oder die Zuführung von Frischluft zur katalytischen Verbrennung so erfolgt, daß eine Sauerstoffkonzentration in einem vorgegebenen Bereich eingestellt wird.

15

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Sauerstoffkonzentration im Kathodengasstrom erfolgt und die Gasströme so eingestellt werden, daß eine vorgegebene Mindestkonzentration an Sauerstoff im Kathodengasstrom nicht unterschritten wird.

20

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffkonzentration so eingestellt wird, daß für Kathodengas und Anodengas ein  $\lambda$ -Verhältnis von 1,4 bis 2,2, vorzugsweise von etwa 1,8 eingestellt wird.

25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren bei einer von einem gasdichten Gehäuse (2) umgebenen Brennstoffzellenanordnung (1) verwendet wird, bei der das Kathodenabgas vom Kathodenaustritt (8) in das Innere des gasdichten Gehäuses (2) abgegeben und zur Rückführung zum Kathodenaustritt (7) im Inneren des gasdichten Gehäuses (2) in Zirkulation versetzt wird, und wobei wahlweise zu mindest ein Teil des Anodenabgases vom Anodenaustritt (6) in das Innere des gasdichten Gehäuses (2) abgegeben und dem dort zirkulierenden Kathodengas beigemischt wird.

30

40

45

50

---

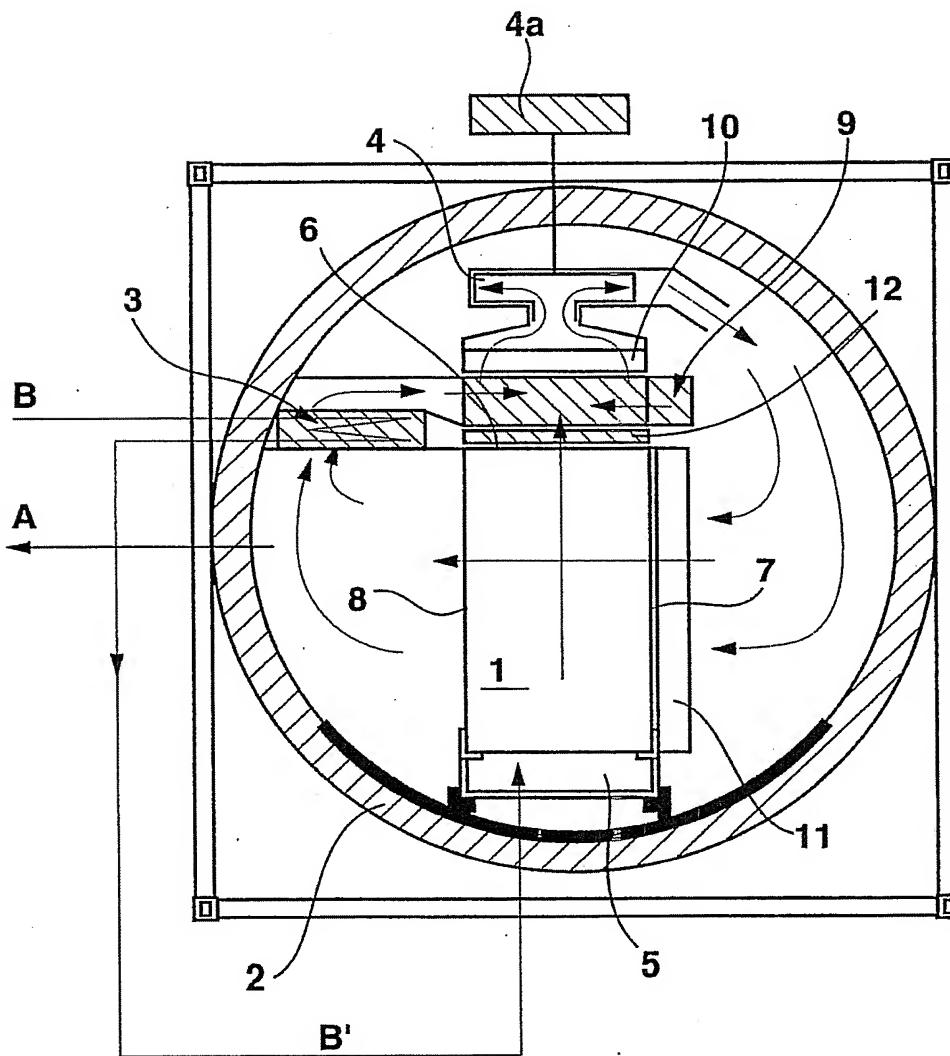
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

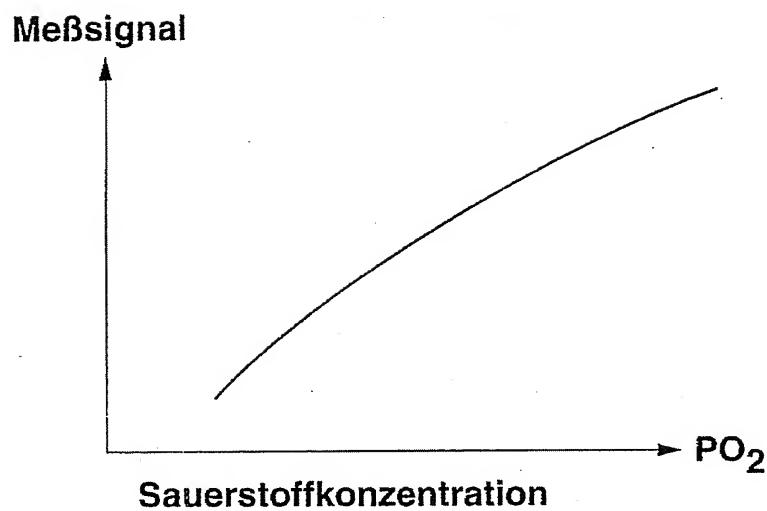
55

60

65

**- Leerseite -**

**Fig. 1**

**Fig. 2****Fig. 3**